

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 92 (1966)  
**Heft:** 11

**Artikel:** L'aménagement de la voie de circulation du chemin de fer à l'âge de l'électronique  
**Autor:** Genton, David-L.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-68375>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 26.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

## ORGANE OFFICIEL

de la Société suisse des ingénieurs et des architectes  
de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes (SVIA)  
de la Section genevoise de la SIA  
de l'Association des anciens élèves de l'EPUL (Ecole polytechnique  
de l'Université de Lausanne)  
et des Groupes romands des anciens élèves de l'EPF (Ecole poly-  
technique fédérale de Zurich)

## COMITÉ DE PATRONAGE

Président: E. Martin, arch. à Genève  
Vice-président: E. d'Okolski, arch. à Lausanne  
Secrétaire: S. Rieben, ing. à Genève

## Membres:

Fribourg: H. Gicot, ing.; M. Waeber, arch.  
Genève: G. Bovet, ing.; Cl. Grosgrin, arch.; J.-C. Ott, ing.  
Neuchâtel: J. Béguin, arch.; M. Chevalier, ing.  
Valais: G. de Kalbermatten, ing.; D. Burgener, arch.  
Vaud: A. Chevalley, ing.; A. Gardel, ing.;  
M. Renaud, ing.; J.-P. Vouga, arch.

## CONSEIL D'ADMINISTRATION

de la Société anonyme du « Bulletin technique »  
Président: D. Bonnard, ing.

Membres: Ed. Bourquin, ing.; G. Bovet, ing.; M. Bridel; J. Favre,  
arch.; A. Robert, ing.; J.-P. Stucky, ing.  
Adresse: Avenue de la Gare 10, 1000 Lausanne

## RÉDACTION

D. Bonnard, E. Schnitzler, S. Rieben, ingénieurs; M. Bevilacqua,  
architecte  
Rédaction et Editions de la S.A. du « Bulletin technique »  
Tirés à part, renseignements  
Avenue de Cour 27, 1000 Lausanne

## ABONNEMENTS

1 an . . . . .	Suisse	Fr. 40.—	Etranger	Fr. 44.—
Sociétaires . . . . .	»	» 33.—	»	»
Prix du numéro . . . . .	»	» 2.—	»	» 2.50

Chèques postaux: « Bulletin technique de la Suisse romande »,  
N° 10 - 5775, Lausanne

Adresser toutes communications concernant abonnement, vente au  
numéro, changement d'adresse, expédition, etc., à: Imprimerie  
La Concorde, Terreaux 29, 1000 Lausanne

## ANNONCES

Tarif des annonces:

1/1 page . . . . .	Fr. 385.—
1/2 » . . . . .	» 200.—
1/4 » . . . . .	» 102.—
1/8 » . . . . .	» 52.—

Adresse: Annonces Suisses S.A.

Place Bel-Air 2. Tél. (021) 22 33 26, 1000 Lausanne et succursales



## SOMMAIRE

L'aménagement de la voie de circulation du chemin de fer à l'âge de l'électronique, par David-L. Genton, professeur.  
Société genevoise des ingénieurs et des architectes: Rapport d'activité.  
Bibliographie. — Les congrès. — Société suisse des ingénieurs et des architectes. — Carnet des concours.  
Documentation générale. — Nouveautés, informations diverses.

## L'AMÉNAGEMENT DE LA VOIE DE CIRCULATION DU CHEMIN DE FER À L'ÂGE DE L'ÉLECTRONIQUE

par M. DAVID-L. GENTON,

professeur à l'Ecole polytechnique fédérale, à Zurich et à l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne \*

### 1. Introduction

Monsieur le Recteur,

Aux remerciements que je vous prie d'accepter en, tant que représentant de l'Ecole polytechnique fédérale, pour la nomination qui me vaut l'honneur présent, je joins ma gratitude, au-delà de votre personne, à l'adresse du regretté président du Conseil, M. le professeur Pallmann, qui m'a donné l'occasion d'enseigner ici la technique du chemin de fer.

Mesdames, Messieurs,

L'économie du monde moderne est dominée par les activités de transport. Il suffit, pour s'en convaincre, de se rappeler qu'un cinquième environ du revenu national est engagé chaque année en Suisse dans les transports. Mais ainsi que le déclarait Roger Hutter dans un récent séminaire d'économie, « même un système théoriquement parfait ne peut réaliser l'équilibre budgétaire individuel de chaque entreprise, ni celui de chaque mode de transport, ni même celui des transports dans leur ensemble », tant il est vrai que les exigences de l'équilibre budgétaire pour chaque entreprise imposeraient

dans chaque cas des pertes de rendement social.

La recherche des conditions de réalisation de l'emploi optimum des infra- et superstructures du système des moyens de transport, dont le coût est très élevé, revêt donc un intérêt primordial.

Aussi mon intention est-elle de définir, pour l'entreprise intégrale qu'est le chemin de fer, l'approche du problème de l'aménagement de sa voie de circulation, dont il est le propriétaire et le seul exploitant, en recourant aux méthodes de recherches modernes qui ont pu se développer prodigieusement grâce aux acquisitions récentes de l'électronique, à cette logique nouvelle et implacable, assez insolite dans certaines de ses applications.

Au risque de décevoir, je dirai d'emblée que cet exposé sera moins une contribution concrète qu'un programme d'action, dans lequel je tenterai d'éviter deux écueils également périlleux, celui de faire un pastiche de Louis Armand, le promoteur de la prospective et de la cybernétique dans les chemins de fer, et celui de présenter

\* Leçon inaugurale prononcée à l'Ecole polytechnique fédérale le 19 février 1966, à Zurich.

ici un « réalisme fantastique » à la Pauwels ou même une science-fiction dans lesquels l'homme ne tiendrait qu'une place d'épiphénomène.

Dans ses réalisations, l'homme a tendance à imiter tout d'abord ses propres œuvres passées ; il doit ensuite, se libérant de phénomènes héréditaires, reprendre le développement au point auquel il avait abouti, adopter de nouvelles techniques.

Je renoncerais toutefois à aborder ici l'examen de nouveaux modes de transports en commun. Il me semble préférable d'utiliser le temps dont je dispose pour rappeler tout d'abord quelques aspects de la vocation du chemin de fer dans le cadre du système des moyens de transport modernes, à l'âge de l'électronique. En effet, l'électronique a non seulement renouvelé les problèmes d'automatisme, mais également ceux de l'aménagement et de la gestion des entreprises. Le temps de réponse très court, la capacité sans cesse accrue et la fidélité des calculatrices ou ordinateurs permettent d'étendre chaque jour davantage leur champ d'activité, dans la recherche et dans l'action.

Des exemples pris dans le domaine de la planification, de l'aménagement, de la construction et de l'exploitation des chemins de fer révéleront ensuite les perspectives immenses que laisse entrevoir l'utilisation de l'électronique. Mais ils confirmeront aussi que le succès des nouvelles méthodes de recherche dépend d'un travail en équipe groupant le mathématicien, le sociologue, l'économiste, le juriste, l'urbaniste, l'ingénieur et l'homme politique.

Malgré les difficultés résultant de la dimension de leurs entreprises, d'une spécialisation inévitable, les dirigeants des chemins de fer ont prouvé qu'ils sont les adversaires d'un provincialisme des techniques qui ne pourrait que compromettre le succès de leurs efforts. En associant les universités à leurs recherches, ils contribuent à favoriser une évolution indispensable dans l'enseignement et dans la formation des cadres qui participeront à ce que d'aucuns appellent déjà la deuxième révolution industrielle.

## **2. Le chemin de fer et l'évolution des moyens de transport**

Dans un passé encore récent, la concurrence parfaite à laquelle certains économistes attribuaient de nombreuses vertus, devait présider à l'organisation des transports. L'action de coordination n'était envisagée que dans un sens biologique, il s'agissait avant tout d'assurer la survie d'un organisme. Cette attitude était, il faut en convenir, souvent moins dictée par un esprit de chapelle que par un suréquipement momentané ou apparent de certains éléments de l'appareil des transports.

La libération d'un potentiel considérable de besoins de transport, provoqué par l'explosion démographique, à caractère exponentiel, l'industrialisation et l'amélioration du niveau de vie, l'expansion des villes, la modification de la structure et de la densité du tissu urbain, imposent l'élaboration de plans d'aménagements et l'adoption de programmes d'action prévoyant une coopération de tous les moyens de transport. Cette intégration, cette mise en harmonie doit tenir compte des caractéristiques techniques et organiques propres à chaque mode de transport et de leur aptitude à satisfaire des besoins très divers. Elle devrait être aussi

conçue de façon à optimiser les dépenses globales de temps et d'argent.

Par ailleurs, l'intensité des besoins de transport, c'est-à-dire les concentrations énormes et l'amplitude des fluctuations du volume des transports, imposent des investissements considérables. Il y a donc un avantage évident, ne serait-ce que pour utiliser rationnellement le terrain de plus en plus rare, à recourir à des modes de transport à capacité spécifique élevée, aptes à satisfaire, grâce à des dispositions d'organisation appropriées, une demande variant dans des limites très larges.

Le caractère accessoire des transports, qui se présentent comme un service, explique l'influence très faible que les autorités ou les dirigeants d'entreprises de transport peuvent exercer sur la demande. Cette impossibilité de créer des réserves justifie, aussi bien pour les transports individuels que pour les transports en commun, une recherche incessante d'amélioration de la conception des aménagements ou des équipements, et d'accroissement de l'efficacité d'utilisation des moyens, afin de maintenir dans des limites supportables les investissements et pour accroître la productivité.

Mais la planification d'un système de transport et de ses éléments ne peut être conçue de façon cohérente qu'à partir de plans de transport, de pronostics définissant avec une précision suffisante les besoins futurs, dans l'espace et dans le temps, étant entendu qu'il y a une influence réciproque et non des liens de subordination entre système de transport et aménagement du territoire.

La répartition probable des déplacements de personnes et de choses entre les différents modes de transport, résulte d'un choix de chaque individu d'une collectivité, en fonction d'éléments tels que durée du parcours entre l'origine et la destination, coût monétaire de l'opération, confort, qualité du service. Si le coût et la durée totale du transport entre le lieu de production et de consommation d'une marchandise peuvent généralement suffire à définir le mode de transport le plus favorable, la motivation d'un tel choix pour le transport des voyageurs est plus complexe. Il s'opère en effet sur la base de quelques éléments chiffrables, mais surtout d'éléments qualitatifs. Or le planificateur doit en définitive calculer le trafic probable sur chaque élément du réseau de chaque mode de transport.

Ce problème n'a pas, jusqu'ici, été résolu de façon satisfaisante, bien qu'il s'agisse d'obtenir les données fondamentales qui serviront à définir une politique des transports sur la base de laquelle seront conçus les réseaux, leurs aménagements, leur équipement et leur exploitation. Des études récentes faites pour la région parisienne ouvrent cependant la voie à des recherches qui pourraient être très fructueuses, en raison de leur originalité et surtout grâce aux ressources des mathématiques appliquées et aux possibilités offertes aujourd'hui par les calculatrices électroniques.

Ces études consistent à ramener à une base commune, l'unité monétaire, les différents facteurs qui influent sur le choix du mode de transport. C'est ainsi que le *coût dit généralisé* d'un transport de personnes est caractérisé par la somme de trois coûts : le coût monétaire, le coût du temps et le coût de l'inconfort. La valeur monétaire d'usage du temps est celle que l'individu est prêt à déboursier pour économiser une unité de temps ; le coût



de l'inconfort est assimilé à une majoration du temps. Les usagers d'un mode de transport semblent en effet se comporter comme si les temps pour une attente, une correspondance, la marche à pied, ou un parcours debout, étaient plus longs que les temps réels.

L'aspect social des transports apparaît dans ce critère chiffré. Les classes aisées peuvent en effet accroître leurs dépenses pour diminuer le temps de parcours et l'inconfort, la peine des déplacements. Avec l'élévation du niveau de vie, la valeur accordée au temps et aux éléments du confort s'accroît ; en revanche, le recours toujours plus grand aux transports individuels augmente la congestion des voies de desserte d'un centre urbain par exemple, c'est-à-dire allonge les temps de parcours et hausse les redevances pour le stationnement des véhicules ; cette évolution aboutit alors à une intégration forcée des transports due à un phénomène de saturation.

Ces quelques aspects des besoins de transport et de la motivation du choix du mode de transport, révèlent des problèmes de prévision à l'échelle du calcul électronique et nous autorisent à rappeler aussi sommairement l'essentiel de la vocation des chemins de fer dans le système des moyens de transport des pays à économie développée.

Les chemins de fer principaux seront à l'avenir, comme par le passé, la pièce maîtresse de l'appareil des transports de marchandises à moyenne et longue distance. Le coût et la durée des opérations étant déterminants, les efforts devront porter sur l'analyse rigoureuse des prix de revient et la recherche de leur compression, sur les problèmes de gestion du temps, en d'autres termes sur l'organisation, la mise en œuvre des moyens.

L'expérience prouve, même dans les pays à fort degré de motorisation, que les contraintes dues à l'emploi des moyens de transport individuels sont telles qu'une part plus grande des transports professionnels de voyageurs, du trafic pendulaire entre le lieu de résidence et le travail ou l'école, devra être confiée aux transports en commun, en particulier aux chemins de fer urbains et suburbains.

Mais l'analyse du coût généralisé d'un transport auquel il a déjà été fait allusion met en évidence l'influence prépondérante des marches d'approche aux points d'arrêt, des déplacements intérieurs, des attentes, des correspondances surtout, de la durée effective des trajets proprement dits, compte tenu des désheurements dus à des conflits entre circulations empruntant en tout ou partie les mêmes itinéraires.

Les études doivent donc être conduites avec la plus grande rigueur, en donnant un poids particulier à l'effet des dispositions envisagées sur ce coût généralisé.

La concentration progressive de la population dans les villes, les complexes gigantesques des supermétropoles posent de façon toujours plus aiguë le problème des transports. Il s'agit souvent moins de résoudre des questions techniques que des problèmes financiers, d'adapter la politique aux moyens. Car il vient inévitablement un jour où l'équilibre étant rompu entre le but et les moyens, toutes les combinaisons, si géniales soient-elles, restent vaines. Or des esprits novateurs peu soucieux des contingences financières, séduits par les seuls avantages des transports individuels, peuvent être tentés de négliger les réserves latentes considérables du chemin de fer que ses caractéristiques prédestinent à un usage intensif.

### 3. Chemins de fer et électronique

Ainsi que son nom l'indique, le chemin de fer, entreprise industrielle, présente deux caractéristiques techniques bien connues qui en font la force mais dont les inconvénients ne sauraient être passés sous silence.

La voie de circulation définit d'une part, dans ses moindres détails, la trajectoire des véhicules et rend possible la constitution de trains dont la longueur n'est limitée que par les performances des véhicules moteurs et la résistance des appareils de traction et de choc. Elle peut être équipée d'installations pour l'alimentation en énergie et surtout pour l'automatisme cybernétique.

L'espace ou lame d'air, qu'il faut ménager le long de la voie entre les véhicules et les obstacles pour éviter des dégâts matériels ou des accidents de personne, peut être réduit à moins d'un demi-mètre, puisque les véhicules n'ont qu'un seul degré de liberté. Ainsi les emprises, la section des tunnels... sont relativement faibles, ce qui, à notre époque de raréfaction des terrains disponibles et d'accroissement de la densité du peuplement, prend d'autant plus d'importance qu'il s'avère indispensable de procéder à la construction de nouveaux aménagements, à la ségrégation des voies de circulation des divers modes de transport et souvent même des voies d'un mode de transport. A cela s'ajoute que l'insensibilité toujours plus grande du chemin de fer aux conditions atmosphériques favorise le respect des programmes d'exploitation. La résistance à l'avancement des véhicules ou des convois, due au roulement de roues cerclées de bandage en acier, sur les rails en acier, est d'autre part très faible, ce qui réduit la consommation d'énergie.

Mais de tels avantages sont acquis au détriment d'une certaine liberté, de transbordements ou d'opérations terminales onéreuses. La faible adhérence fixe des limites relativement basses au franchissement de déclivités. Les parcours de freinage sont élevés, ils imposent le rythme de succession, l'espacement des convois.

L'histoire du chemin de fer s'inscrit admirablement dans celle des relations entre l'homme et la machine, cet homme qui a créé l'outil, véritable prothèse pour prolonger ses mains ou pour créer de nouveaux membres, afin d'agir sur la matière. L'énergie lui a permis de mouvoir la machine sans recourir à ses muscles. La commande automatique, pour mettre en action cette énergie, se substitue progressivement aux nerfs de l'homme, la régulation par des servo-mécanismes à celle des fonctions cérébrales.

L'évolution technique du chemin de fer, dans sa forme que nous connaissons, peut être définie comme deux ensembles avec des éléments communs, deux périodes dont la première a été celle de la dynamique, et la seconde celle de la cinématique des circulations.

Durant la première, qui a débuté par la traction à vapeur, avec il est vrai un premier organe cybernétique, le régulateur de Watt, les recherches ont surtout porté sur l'accroissement des vitesses et des charges des trains, sur les forces accélératrices et retardatrices agissant sur les convois, sur la traction et le freinage et sur des améliorations de détail de la géométrie de la voie et des appareils de voie. La traction diesel et la traction électrique ont supplanté la traction à vapeur, la puissance massique des engins moteurs s'est améliorée dans le rapport de trois à un. Grâce aux équipements de freinage automatiques modérables au serrage et au des-

serrage, la charge, la longueur et la vitesse des trains ont pu être augmentées de façon sensible. Une nouvelle étape importante sera celle de l'introduction sur les réseaux européens de l'attelage automatique.

La deuxième période, celle de la cinématique des circulations ou plutôt celle de l'organisation des systèmes de circulation, débouchera tôt ou tard, grâce à l'électronique, sur une automatisation intégrale de la commande, du contrôle, du mouvement des convois, et de la conduite des engins moteurs.

L'électronique en effet, grâce à ses propriétés, permet de réaliser des équipements tels que l'homme se réservant le pouvoir de fixer les objectifs, les chargera de collecter et d'analyser une multitude d'informations. Libéré de la servitude de calculs longs et compliqués, il leur confiera le soin de déclencher et de contrôler l'action.

Mais ces perspectives riches en promesses ne sauraient être considérées comme l'aboutissement d'une évolution de techniques réservées à quelques initiés ou à des secteurs particuliers de l'entreprise. L'électronique transforme fondamentalement la philosophie de l'ingénieur, lui impose une méthode plus rigoureuse encore que par le passé, de l'analyse des causes et des effets, le place dans un cadre beaucoup plus large. C'est ainsi qu'il doit construire ses modèles mathématiques, comme il construit des ouvrages, avec le même respect des règles de l'art. Les responsables de l'étude des aménagements, de leur construction et de l'exploitation, doivent donc associer leurs efforts et participer ensemble à la mise au point des nouveaux moyens et à l'élaboration des méthodes qui en découlent. L'ampleur du problème des transports et même de celui d'un seul mode de transport est telle qu'il faut se protéger contre les conséquences d'un cloisonnement ou de la spécialisation.

Si par ailleurs il est indispensable de formuler des hypothèses, afin de créer ou d'aménager des systèmes cohérents, elles doivent être en permanence soumises à un examen critique sévère, sans cesse remises en question. Les moyens de recherche disponibles actuellement rendent possible l'application de cette rétroaction dans la recherche, de ce retour à la source. Il ne saurait donc être question, pour une étude de planification, d'édifier une fois pour toutes un système à partir de postulats ou d'opérer à priori des discriminations entre les modes de transport.

Il convient maintenant d'illustrer les ressources générales de ces nouvelles méthodes de recherche, d'en exposer le mécanisme, à l'aide d'exemples tels que celui de l'élaboration d'un plan de réseau de chemins de fer, de l'équipement d'une ligne et de l'aménagement d'un nœud.

#### 4. Etudes et réalisations

##### *Exemples de méthodes et moyens modernes de recherche*

##### 4.1 Planification de réseau

Une extension importante des réseaux de chemin de fer peut paraître de nos jours bien hypothétique. Pourtant ce problème est plus actuel que jamais. Il suffit

- de rappeler l'urgence de la réalisation de nouveaux réseaux de chemins de fer urbains ou de l'aménagement de réseaux existants aussi bien en Europe qu'en Amérique du Nord où les transports individuels sur

route et les transports aériens semblaient avoir « terrassé » les chemins de fer ;

- de faire état de l'importance des crédits accordés pour l'étude d'un superchemin de fer dans le corridor nord-est des Etats-Unis entre Boston et Washington et de la réalisation spectaculaire de la New Tokaido Line au Japon ;
- de citer les décisions prises par les dirigeants de notre réseau national, de réorganiser l'ensemble du transport des marchandises de détail et des wagons complets, en l'articulant sur des gares centres et des gares de triage, nœuds importants dont plusieurs sont en construction ou même en voie d'achèvement ;
- et enfin de présenter ici le problème délicat et combien important du choix d'une nouvelle traversée ferroviaire des Alpes.

Il s'agit dans ce dernier cas, partant d'une analyse des besoins de transport, d'une répartition entre les différents modes de transport susceptibles de les satisfaire, de proposer, parmi divers projets de liaisons se superposant au réseau existant dont elles ne peuvent être dissociées, celle qui pour la collectivité serait la plus rentable, c'est-à-dire celle pour laquelle le rapport entre les moyens mis en œuvre, les dépenses et les résultats utiles, serait le plus favorable.

Mais des pronostics de trafic à très longue échéance sont toujours fragiles, les solutions possibles pour le tracé en plan et en élévation de liaisons nouvelles sont nombreuses.

La recherche de la conception de l'aménagement et de l'exploitation optimales du réseau consiste en fait à minimiser une fonction ou un circuit à grand nombre de variables ou constituants.

Le projet de construction et le mode d'exploitation les plus rentables seront ainsi ceux qui permettront d'obtenir le profit généralisé le plus élevé. Les produits correspondant au programme d'exploitation adopté seront mis en regard des charges dues à la construction des nouvelles liaisons, à l'aménagement des voies d'accès du réseau existant, dont il s'agit d'adapter la capacité de chaque élément au trafic auquel il est appelé à faire face ; ils seront également confrontés avec les frais d'énergie, de personnel, de véhicules et d'entretien des installations.

Ce problème caractéristique de la recherche opérationnelle est aujourd'hui résolu à l'aide de modèles d'affectation, associés aux méthodes de programmation linéaire. Mais les variables sont en nombre tel que les calculs ne peuvent pratiquement être effectués qu'en recourant aux calculatrices électroniques à grand rendement.

Ce problème d'optimisation ne peut toutefois être résolu que par itération, par rétroaction. Car si les aménagements de la voie de circulation doivent être adaptés au débit probable sur chaque itinéraire, les affectations du trafic lui-même sont faites en fonction de la capacité des lignes, puis de celle des nœuds.

##### 4.2 Capacité des lignes

La capacité d'une ligne peut être définie par le nombre de convois de caractéristiques données susceptibles d'être mis en circulation sur cette ligne, pendant un certain intervalle de temps, en respectant des critères de qualité, de sécurité et de stabilité de l'horaire.

Une analyse même sommaire des nombreux éléments qui interviennent dans la capacité d'une ligne établit



des relations étroites entre aménagement et exploitation. Ces interactions peuvent aujourd'hui être mises en évidence par des simulations sur des modèles mathématiques, à condition qu'ils soient construits de façon à donner une image correcte de la réalité et que les paramètres soient convenablement évalués.

La capacité d'une ligne à double voie, par exemple, est donc fonction de l'espace ou de l'intervalle de temps qui doit, pour des raisons de sécurité, être envisagé entre deux circulations empruntant successivement un même parcours, un cantonnement. Le sillon tracé dans un programme d'exploitation, dans un horaire, par une circulation dépend de facteurs dus au personnel roulant ou sédentaire, aux caractéristiques dynamiques des convois, au tracé, à l'aménagement et à l'équipement de la voie de circulation, au spectre de l'horaire et à ses contraintes, à sa stabilité. Examinons de plus près ceux qui ont trait aux équipements de sécurité et de régulation des circulations.

À l'origine du chemin de fer, le distancement et la protection des trains étaient assurés par une réglementation prescrivant le temps qui devait s'écouler entre le passage successif de deux convois, et si nécessaire par la marche à vue. L'accroissement de la vitesse des circulations, l'augmentation de leur nombre ont imposé bientôt un renforcement des mesures de sécurité, le distancement dans l'espace et le recours aux télécommunications, téléphone ou télégraphe. Grâce à des signaux, les transmissions d'ordres au personnel roulant ont été plus rapides et plus sûres. Puis la commande à distance des signaux et des appareils de voie, à partir de postes en nombre restreint, a facilité la coordination des opérations et provoqué une augmentation sensible de la productivité. La réalisation de dépendances mécaniques puis électriques entre les leviers de manœuvre des signaux et des appareils de voie, l'obligation de respecter une succession d'opérations auxquelles participent les convois eux-mêmes, ont eu pour conséquence un accroissement de la sécurité, mais également une réduction de la durée des opérations de préparation et de contrôle des itinéraires. Des dispositifs en campagne, montés au droit des signaux et dont ils reflètent l'image, ayant un répondant sur les machines, ont ensuite servi à contrôler l'activité du mécanicien et à pallier automatiquement ses défaillances. Dès lors le dispositif de sécurité était complet dans son principe.

Jusqu'à ce stade, installations de sécurité et méthodes d'exploitation étaient distinctes. Il y avait contrôle *a posteriori* ou régulation centrale de ligne ou de gare, c'est-à-dire information, mais non action directe sur les équipements.

De nouvelles techniques et réalisations sont alors apparues, rendant possible la centralisation de la commande d'appareils et de signaux à longue distance ; le régulateur a pu ainsi agir sans intermédiaire sur les installations de sécurité d'une ligne. Les opérations pour le distancement des trains ont en outre été progressivement automatisées.

Grâce à des postes dits tous relais dans lesquels toutes les dépendances ou asservissements sont réalisés par l'intermédiaire de circuits électriques, la commande individuelle des appareils de voie et des signaux a pu être remplacée par des commandes d'itinéraires. L'opérateur n'a plus eu dès lors qu'à définir en une seule

opération l'origine et la destination d'une circulation sur un tableau compact représentant géographiquement les installations de la gare, la position des appareils de voie, les images des signaux, l'état d'occupation de la voie de circulation. La durée de cette opération unique pour la préparation, le contrôle et la mise à voie libre d'un itinéraire a été ainsi réduite encore dans une notable proportion. Les itinéraires ont même pu être enregistrés à l'avance puis les opérations déclenchées automatiquement par les trains eux-mêmes.

Or une limite est fixée à cette centralisation d'opérations portant sur des circulations en nombre croissant et sur des zones d'action toujours plus étendues, par l'aptitude des opérateurs à saisir et à interpréter une multitude d'informations. Les risques d'erreurs d'évaluation de situations dans lesquelles les interférences, les temps masqués compliquent le choix des décisions, en particulier lorsqu'il y a des perturbations, freineraient ou même arrêteraient cette évolution, si les moyens nouveaux de traitement d'informations et si la cybernétique ne pouvaient dans une première phase épauler les opérateurs et par la suite en prendre la relève.

Pour que cette évolution soit possible, il a fallu d'une part que les convois eux-mêmes puissent être détectés et suivis en permanence le long de leur trajectoire, grâce par exemple à des circuits de voie obtenus en isolant une file de rail par rapport à l'autre ; le train a d'autre part été associé plus étroitement aux opérations destinées à garantir sa propre sécurité.

Mais le convoi lui-même devra bientôt se placer sous la tutelle d'un gouvernement clairvoyant et prompt à la décision, car il ne suffira plus d'un mécanicien exécutant les consignes réglementaires, s'appuyant sur un programme d'exploitation et se pliant aux ordres absolus des signaux. En effet, l'augmentation des vitesses de circulation, l'obligation d'accroître la capacité des lignes par l'adoption de systèmes dans lesquels le distancement serait défini en fonction de la vitesse relative des convois, de leur parcours de freinage propre, de leur ombre portée, provoquerait une multiplication et une complication intolérables des signaux, rendant délicates sinon impossibles leur perception et leur interprétation.

Là encore, l'électronique livre une solution :

- au problème de l'information permanente du mécanicien sur l'état d'occupation de la voie en aval de sa machine ;
- à celui du contrôle de la vitesse du convoi et de sa position à partir d'un poste de commandement ;
- et enfin à celui de la commande automatique du convoi.

À ce stade, il sera alors nécessaire de recourir à une troisième voie du chemin de fer, au câble de commande, à la ligne de conduite. Ainsi l'évolution des équipements de la voie de circulation, celle des véhicules moteurs et celle des méthodes d'exploitation, après avoir été parallèles, convergent progressivement vers l'automatisme cybernétique.

#### 4.3 Aménagement des nœuds

L'exemple du processus d'étude de l'aménagement d'un nœud nous servira encore à présenter d'autres aspects des ressources de l'électronique et à rappeler l'obligation pour ceux qui participent à l'élaboration du projet d'un ensemble aussi complexe qu'une grande gare, de recourir à cet arsenal de moyens de recherche

moderne. Les pronostics de trafic à partir desquels sont établis les programmes d'exploitation qui eux-mêmes servent à définir la mission d'un aménagement, l'importance de ses masses, leur structure et les liaisons entre elles sont donc toujours sujets à caution. Aussi est-il indispensable de soumettre à un examen critique les conclusions auxquelles ils aboutissent, de rechercher les relations entre les causes et les effets, en d'autres termes de faire varier les hypothèses, d'éprouver les solutions qui en découlent.

Des modèles mathématiques analogues à ceux auxquels nous avons déjà fait allusion peuvent être conçus de façon à faire intervenir tous les paramètres relatifs

- aux convois et à leurs caractéristiques dynamiques ;
- à la voie de circulation, à sa géométrie, à sa topologie et à son équipement ;
- à l'organisation des mouvements ;
- à la cinématique de l'exploitation ;
- au respect des programmes ;
- au coût des opérations.

Ces modèles serviraient donc tout d'abord à définir par simulation et par itération des solutions réalisant un optimum, les critères d'optimisation étant par exemple ceux des dépenses en argent ou en temps. Ils pourraient par la suite être utilisés pour guider l'action en temps réel, pour régir automatiquement l'ensemble des opérations.

Mais les obstacles à surmonter sont encore nombreux, car il est non seulement indispensable que planification et exploitation soient mises en harmonie, mais également que la conception des aménagements et les dispositions constructives soient reprises à la base et repensées en fonction de ces nouvelles méthodes.

C'est ainsi que pour résoudre ces problèmes, il faudra pouvoir recourir à la logique binaire, à l'alternative bivalente.

Ceci imposera sans conteste une topologie nouvelle des aménagements, la définition de chaînes d'éléments de la voie de circulation, de graphes dont les appareils de voie seraient les nœuds, une définition nouvelle des convois les assimilant à une chaîne d'essieux, une configuration des circuits telle que l'ordinateur puisse tout d'abord étendre le rayon d'action des opérateurs de postes de commandement, d'un groupe de nœuds, d'une région ou même d'un réseau, réaliser une pyramide, et qu'il puisse peut-être un jour se substituer aux postes d'enclenchement eux-mêmes.

Mais pour que ces méthodes de simulation soient utilisables dans la pratique courante, il faut évaluer de façon correcte les paramètres et pouvoir collecter aisément et économiquement, à l'aide d'équipements appropriés, un grand nombre d'informations, c'est-à-dire être en mesure de les enregistrer automatiquement, dans leur majorité tout au moins, sur un support tel que leur décodage puisse lui aussi être fait automatiquement et que les valeurs ainsi obtenues soient mises en mémoire et exploitées par l'ordinateur sans qu'il soit nécessaire de recourir à des traductions fastidieuses.

La dynamique de ces progrès dans le domaine de la planification des aménagements, de la construction et de l'exploitation sera enfin moins dictée par le rythme du progrès de la technique que par des contingences économiques et financières, par une réserve qui nous

paraît légitime à l'égard d'ensembles, de concentrations ayant une dimension critique les rendant particulièrement sensibles à des perturbations même insignifiantes en apparence. L'exemple de récentes pannes d'électricité dans la région new-yorkaise est à ce sujet éloquent.

Il est encore bien d'autres questions relatives à la voie de circulation où l'électronique peut être à l'origine de progrès spectaculaires du point de vue technique et économique, ainsi, par exemple :

- l'organisation générale des travaux de maintenance des voies, la gestion scientifique de l'approvisionnement de multiples chantiers en hommes, machines et matériel, le contrôle permanent de l'action, la rectification des dispositions, peuvent être résolus de façon élégante grâce à des programmations de réseau et à leur traitement par des ordinateurs ;
- de nouvelles machines de chantier automatiques, à haut rendement et grande précision, pour la rectification et la consolidation du tracé des voies en plan et en élévation font déjà appel à des équipements cybernétiques de contrôle permanent des résultats et d'auto-régulation par rétroaction.

## 5. Conclusions

Notre objectif, en présentant ces quelques applications de l'électronique aux moyens et méthodes d'étude des aménagements, de construction et d'exploitation, est d'attirer l'attention sur le mécanisme et les effets de ce que Naslin appelle « la substitution d'organes technologiques aux organes humains d'effort, d'observation, de mémoire et même de décision, afin de rendre efficace l'action ».

La question fondamentale pour celui qui a le redoutable privilège d'enseigner dans une haute école la technique du chemin de fer, est donc celle de l'orientation à donner à cet enseignement et à ses recherches.

Il n'est certes pas indiqué de renoncer dans une première phase à l'analyse, parfois même descriptive des caractéristiques techniques propres à ce mode de transport, de la dynamique des convois, du détail du tracé de l'aménagement, de l'équipement de la voie de circulation.

Mais il semble essentiel de s'attacher ensuite aux méthodes d'élaboration de modèles d'avenir, de plans d'aménagement conçus à partir non seulement d'un passé duquel sont extraites les conditions aux limites permettant de fixer des tendances, mais également en fonction d'une intégration dans un système de transports, établi à partir d'une stratégie de l'aménagement du territoire.

Les solutions à adopter pour l'aménagement des voies de circulation, leur équipement et pour l'exploitation doivent se dégager de recherches ayant pour objectif une optimisation de la qualité du service et de son prix de revient, bien que les hypothèses de trafic soient pour la plupart imprécises.

Pour cela, l'ingénieur du chemin de fer dispose aujourd'hui de méthodes et d'équipements de calcul qui lui permettent de maîtriser très rapidement une multitude d'informations. Il peut imaginer des modèles de recherche et des modèles d'action, établir des projets de structure et des programmes de déroulement des opérations, en dépit du caractère aléatoire de nombreux facteurs.

Mais il convient de le mettre en garde contre cette tendance actuelle de s'attacher tout spécialement à



l'analyse mathématique des phénomènes et de ne vouer qu'un soin insuffisant à l'évaluation des paramètres, à la transposition des calculs dans la réalité, à la matérialisation des idées, à l'élaboration du détail des plans d'aménagement, au choix des dispositions constructives. Renonçant également aux expériences accumulées dans le passé ou aux trésors d'une documentation abondante,

nombreux sont malheureusement ceux qui reprennent les études à l'origine, mais sans recourir ici aussi à cette rétroaction féconde. Le moraliste français Joubert avait certes raison lorsqu'il écrivait à ce sujet que

*Rien ne rend les esprits si imprudents et si vains que l'ignorance du temps passé et le mépris des livres anciens.*

## SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

(SECTION GENEVOISE)

### Rapport d'activité

présenté à la 121<sup>e</sup> assemblée générale, le 24 février 1966

par M. Samuel Rieben, ingénieur, président de la section

Monsieur le Président central,  
Messieurs les invités,  
Mesdames, Messieurs, chers collègues,

Je déclare ouverte la 121<sup>e</sup> assemblée générale de notre section. Nous lui avons voulu un cadre nouveau, et nous sommes reconnaissants à la maison TAREX et à son directeur, notre collègue *Matthey*, de l'hospitalité qu'elle nous offre.

Plus tard, au cours du banquet, nous aurons la joie de saluer nommément toutes les personnalités qui ont bien voulu accepter notre invitation et qui sont donc avec nous ce soir. Permettez-moi de remercier dès maintenant notre président central, M. *Rivoire*, de sa présence ici, témoignage de sa fidélité à notre section, qui est la sienne également. Permettez-moi également de saluer la présence de M. *Longobardi*, l'aimable et distingué président des Ingénieurs civils de France, section de Haute-Savoie ; nos deux sociétés ont ainsi noué, par le truchement de leurs sections de Haute-Savoie et de Genève, de nombreux liens, que nous souhaitons plus étendus encore.

J'ai reçu des excuses de nos collègues *Neeser*, *Hentsch*, *Kronauer*, *Jean-Etienne Cuénod* et *Rigot*, empêchés d'assister à notre assemblée.

L'année dernière, vous avez montré beaucoup de patience à mon égard ; j'avais en effet à vous présenter un rapport assez copieux, et vous en avez supporté la lecture avec la meilleure grâce du monde. Acceptez que, cette fois-ci, je ne vous inflige plus pareil pensum et qu'avec votre permission, je simplifie dans la mesure du possible.

Pendant l'année 1965, nous avons eu la douleur de perdre quatre membres : *Lionel Besson*, ingénieur mécanicien ; *Maurice Braillard*, architecte ; *Marco Gruet*, ingénieur civil et *John Torcapel*, architecte. Nous gardons de ces membres disparus le meilleur souvenir, et je vous invite à vous lever pour honorer leur mémoire.

Pendant cette année 1965, quatre membres ont été proclamés membres émérites de notre société : *Jean Bloch*, ingénieur civil ; *Marcel Humbert*, ingénieur civil ;

*Edmond Magnin*, architecte, et *John Torcapel*, architecte, hélas ! décédé. Nous félicitons MM. *Bloch*, *Humbert* et *Magnin* de cette distinction et leur apportons nos remerciements les plus vifs pour leur fidélité et leur dévouement à notre société.

#### Effectif

De 462 qu'il était au 31 décembre 1964, l'effectif de nos membres a passé à 474 au 31 décembre 1965, l'accroissement n'étant que de 12, soit :

#### Tableau des mutations 1965

##### 1. ARCHITECTES

Admissions : <i>Lew-Léon Folomietow</i> , <i>Michel Grandjean</i> , <i>Jacques Malnati</i> , <i>Paolo Marti</i> , <i>Felipe Moreno</i> , <i>Walter Rohner</i> . . . . .	+ 6
Transfert d'une autre section . . . . .	0
Transfert à une autre section : <i>Reinhold Gallusser</i> . . . . .	- 1
Démission . . . . .	0
Décès : <i>Maurice Braillard</i> , <i>John Torcapel</i> . . . . .	- 2
	+ 3

##### 2. INGÉNIEURS CIVILS

Admissions : <i>Jacques Aubry</i> , <i>Michel Chatelain</i> , <i>Parseh Dıyaroglou</i> , <i>Gustave Jean Dorier</i> , <i>Claude Gouny</i> , <i>Jean-Claude Jacquet</i> . . . . .	+ 6
Transferts d'une autre section : <i>Jean-Pierre Bourquin</i> , <i>Christophe de Planta</i> , <i>Sarkis Djevahir</i> , <i>Jean Kraehenbuhl</i> , <i>Alfred Manger</i> , <i>D<sup>r</sup> ès sciences techniques</i> , <i>Jean-Marie Yokoyama</i> , <i>Danilo Zakula</i> . . . . .	+ 7
Transferts à une autre section : <i>Pierre Mauler</i> , <i>Jean Mousty</i> , <i>Henri Piguet</i> . . . . .	- 3
Démission . . . . .	0
Décès : <i>Marco Gruet</i> . . . . .	- 1
	+ 9

##### 3. INGÉNIEURS ÉLECTRICIENS

Admissions : <i>Jean-Claude Brunner</i> , <i>René Comtat</i> , <i>Jean Wahl</i> . . . . .	+ 3
Transfert d'une autre section . . . . .	0
Transfert à une autre section : <i>Leo Du Pasquier</i> . . . . .	- 1
Démission : <i>Pierre Jaccard</i> . . . . .	- 1
Décès . . . . .	0
	+ 1